

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-299081

(43)Date of publication of application : 24.10.2000

(51)Int.Cl.

H01J 37/26  
H01J 37/09

(21)Application number : 11-106420

(71)Applicant : JEOL LTD

(22)Date of filing : 14.04.1999

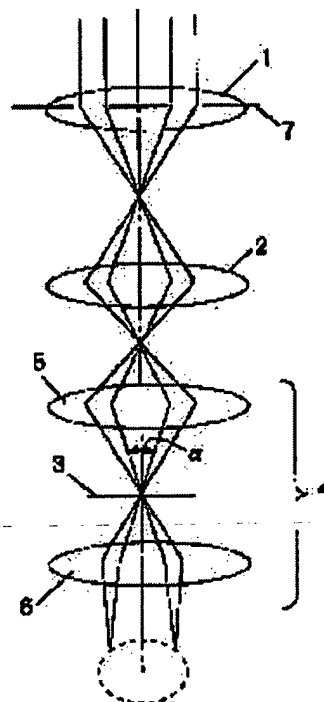
(72)Inventor : NARUSE MIKIO

**(54) TRANSMISSION ELECTRON MICROSCOPE****(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a transmission electron microscope allowing easy interpretation of a dark-field image, capable of capturing a dynamic phenomenon occurring in a sample, and allowing observation of the dark-field image of a minute area.

**SOLUTION:** In this microscope, an annular aperture 7 is disposed in an aperture position of a CL 1. Thereby, an electron beam after passing the annular aperture 7 has a hollow conical shape. The hollow conical electron beam is once converged by the CL 1, then spread, and converged by a CM 2. By adjusting an exciting current of the CM 2, an incident angle  $\alpha$  at which the hollow conical electron beam is incident on a sample 3 can be set to a desired angle. The hollow conical electron beam after passing the CM 2 is converged by a front magnetic field 5 of an OL 4 and irradiated onto the sample 3.

Accordingly, a dark-field image of the incident angle  $\alpha$  suitable for the sample 3 including information in omnidirections is obtained. Because the hollow conical electron beam is irradiated onto the sample 3 with the electron beam converged, an irradiation area on the sample 3 can be reduced to obtain the dark-field image of a minute area with high resolution.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

**BEST AVAILABLE COPY**

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

**BEST AVAILABLE COPY**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-299081  
(P2000-299081A)

(43) 公開日 平成12年10月24日 (2000. 10. 24)

(51) IntCl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード(参考)

H 0 1 J 37/26  
37/09H 0 1 J 37/26  
37/09

5 C 0 3 3

A

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 3 頁)

(21) 出願番号

特願平11-106420

(22) 出願日

平成11年4月14日 (1999. 4. 14)

(71) 出願人 000004271

日本電子株式会社

東京都昭島市武蔵野3丁目1番2号

(72) 発明者 成瀬 幹夫

東京都昭島市武蔵野3丁目1番2号 日本  
電子株式会社内

(74) 代理人 100095980

弁理士 菅井 英雄 (外7名)

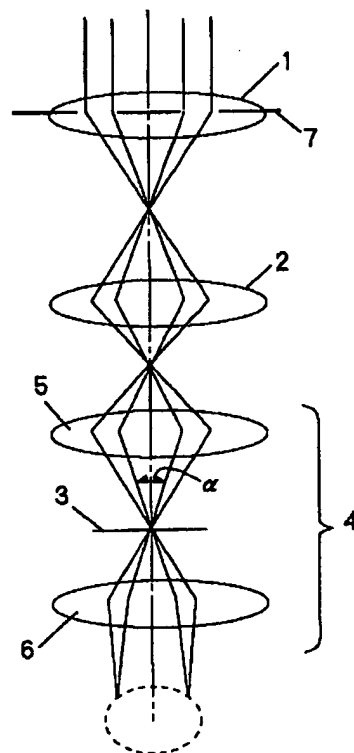
Fターム(参考) 5C033 BB01 SS01 SS06

(54) 【発明の名称】 透過型電子顕微鏡

(57) 【要約】

【課題】 透過型電子顕微鏡によって、暗視野像の解釈が容易で、試料で生じている動的現象を捉えることができ、且つ微小領域の暗視野像の観察を可能とする。

【解決手段】 CL 1 の絞り位置にはアンニュラーアパーチャ 7 が配置されている。これにより、アンニュラーアパーチャ 7 を通過した電子ビームは空洞円錐状となる。この空洞円錐状の電子ビームは CL 1 により一旦収束した後に広がりを持ち、CM 2 によって収束される。この CM 2 は、励磁電流を調整することによって空洞円錐状の電子ビームが試料 3 に入射するときの入射角  $\alpha$  を所望の角度に設定することができるようになされている。CM 2 を通過した空洞円錐状の電子ビームは、OL 4 の前方磁場 5 によって収束されて試料 3 に照射される。従って、試料 3 に適した入射角  $\alpha$  の暗視野像が全方位の情報を含んで得られる。また、空洞円錐状の電子ビームを収束させた状態で試料に照射させるので、試料上での照射面積を小さくでき、微小領域の暗視野像を高分解能で得ることができる。



BEST AVAILABLE COPY

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】 コンデンサレンズと、

前記コンデンサレンズの絞り位置に配置されたアンニュラーアパーチャと、

前記コンデンサレンズと試料との間に配置され、試料に照射する電子ビームの照射角を変更可能となされたレンズとを備えることを特徴とする透過型電子顕微鏡。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、透過型電子顕微鏡に係り、特に、高分解能の暗視野像を得ることができる透過型電子顕微鏡に関する。

## 【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】 電子顕微鏡による暗視野像観察は非常に重要であり、特に近年においては試料の原子配列を観察する場合に広く行われている。そのための手法として有名なものに走査透過型電子顕微鏡 (STEM) を用いた高散乱角円環状検出暗視野 (High Angle Annular Dark Field : HAADF) 法 (HAADF-STEM法) がある。この方法は、図3に示すように、試料上を電子ビームで走査し、試料を透過した電子ビームを円環状の検出器で検出し、この検出器で検出した信号と、電子ビームの走査信号とに基づいて暗視野像をモニタに表示するというものである。このHAADF-STEM法によれば、コントラストの反転現象が生じないので、原子は必ず白く表示され、得られた暗視野像の解釈が簡単であるという特徴がある。

【0003】 しかし、一般にSTEMの分解能は、電子ビームの走査を行わない通常の透過型電子顕微鏡 (TEM) の分解能の  $1/2 \sim 1/3$  程度であり、HAADF-STEM法によって高分解能の暗視野像を得ることは難しいのが現状である。勿論、高分解能のSTEMといわれるものも存在はするが、非常に高価なものであり、且つ操作法も容易ではなく、熟練を要す。また、HAADF-STEM法では電子ビームを走査するために、数秒以下の動的現象を追うことは原理的に不可能である。

【0004】 そこで、TEMを用いて、HAADF-STEM法によって得られる暗視野像と同等の画像、即ち像の解釈が簡単な暗視野像を、容易に得ることができる手法の開発が望まれる。しかも、TEMを用いた場合には電子ビームは走査しないので、試料で生じている動的現象を捉えることも原理的には可能となる。

【0005】 ところで、TEMを用いて暗視野像を観察する場合、従来は入射電子ビームを傾けて試料に照射し、ダイレクトビームを対物絞りでカットして散乱電子のみで結像させるのが一般的であったが、この場合には試料に入射させる電子ビームの傾斜方向は任意に変えられるが、写真撮影を行う場合には任意に選ばれた一方向からしか入射できないという問題がある。

【0006】 また、TEMを用いた暗視野像観察方法と

して、空洞円錐照明 (Hollow-cone) 暗視野TEM法という方法も知られている。この方法では電子ビームを試料に全方位から入射することが可能であるが、試料面の電子ビーム照射領域が広くなり、微小領域の暗視野像観察には適していないという問題がある。

【0007】 そこで、本発明は、HAADF-STEM法によって得られる暗視野像と同様に暗視野像の解釈が容易で、しかも試料で生じている動的現象を捉えることができ、且つ微小領域の暗視野像の観察が可能である透過型電子顕微鏡を提供することを目的とするものである。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】 上記の目的を達成するために、本発明の透過型電子顕微鏡は、コンデンサレンズと、前記コンデンサレンズの絞り位置に配置されたアンニュラーアパーチャと、前記コンデンサレンズと試料との間に配置され、試料に照射する電子ビームの照射角を変更可能となされたレンズとを備えることを特徴とする。

## 【0009】

【発明の実施の形態】 以下、図面を参照しつつ発明の実施の形態について説明する。図1は本発明に係る透過型電子顕微鏡の一実施形態を示す図であり、図中、1はコンデンサレンズ (以下、CLと称す)、2はコンデンサミニレンズ (以下、CMと称す)、3は試料、4は対物レンズ (以下、OLと称す)、5は対物レンズの前方磁場、6は対物レンズの後方磁場、7はアンニュラーアパーチャを示す。

【0010】 CL1の絞り位置にはアンニュラーアパーチャ7が配置されている。アンニュラーアパーチャ7は、図2に示すように、内側の円盤と、外側のリングが同心状に配置されているものである。なお、内側の円盤と外側のリングとはブリッジにより支持されている。

【0011】 従って、電子ビームはアンニュラーアパーチャ7の内側の円盤と外側のリングとの間の隙間を通過することになる。そして、電子ビームはCL1によって収束されるので、アンニュラーアパーチャ7を通過した電子ビームは図1に示すように空洞円錐状となる。

【0012】 この空洞円錐状の電子ビームはCL1により一旦収束した後に広がりをもつが、CM2によって収束される。このCM2は、図示しない励磁手段によって励磁が可変となされており、励磁電流を調整することによって空洞円錐状の電子ビームが試料3に入射するときの入射角 $\alpha$ を所望の角度を連続的に設定することができるようになされている。

【0013】 CM2を通過した空洞円錐状の電子ビームは、一旦収束した後に広がりをもつが、OL4の前方磁場5によって収束されて試料3に照射される。このときの電子ビームの入射角度はCM2の励磁によって連続的に可変可能であることは上述した通りである。

【0014】試料3を透過した電子ビームは、OL4の後方磁場6及び図示しない投影系レンズによって、蛍光スクリーンあるいは写真撮影を行うための装置に結像される。なお、試料3の下流、即ち蛍光スクリーン側のレンズは暗視野像が観察できるように励磁されることは当然である。

【0015】この透過型電子顕微鏡によれば、CL1の絞り位置にアンニュラーアパーチャ7を配置し、CM2によって電子ビームの試料3への入射角 $\alpha$ を可変としたので全方位からの入射が可能であり、試料3に適した入射角 $\alpha$ の暗視野像が全方位の情報を含んで得られる。また、電子ビームが試料3に入射するときの入射角 $\alpha$ が可変になされているので、ダイレクトスポットから所望の距離にある回折スポットの暗視野像を得ることができる。即ち、回折スポットとダイレクトスポットの距離は試料3によって異なるのであるが、入射角 $\alpha$ を可変とすることによって、ダイレクトスポットから所望の距離にある回折スポットを選択することができるのである。

【0016】また、空洞円錐状の電子ビームを収束させた状態で試料に照射させるので、試料上での照射面積を

小さくでき、微小領域の暗視野像を高分解能で得ることができる。

【0017】更に、TEMを用いているので、電子ビームの走査は行わないので、試料で生じている動的現象を捉えることができる。そして、この透過型電子顕微鏡によれば、コントラストの反転現象は生じないので、暗視野像の解釈は容易である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る透過型電子顕微鏡の一実施形態を示す図である。

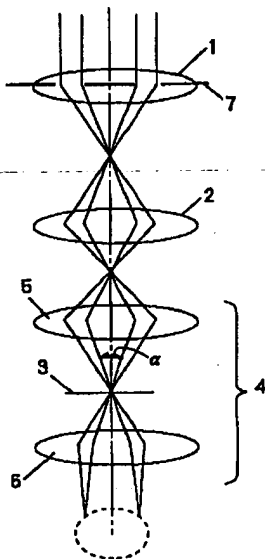
【図2】 アンニュラーアパーチャの構成を示す斜視図である。

【図3】 HAADF-STEM法を説明するための図である。

【符号の説明】

1…コンデンサレンズ (CL)、2…コンデンサミニレンズ (CM)、3…試料、4…対物レンズ (OL)、5…OL4の前方磁場、6…OL4の後方磁場、7…アンニュラーアパーチャ。

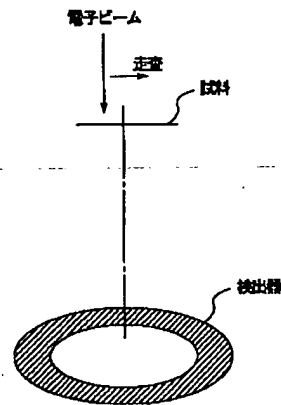
【図1】



【図2】



【図3】



BEST AVAILABLE COPY